Received: Nov 15, 2022 **Revised:** Jan 10, 2023 **Accepted:** Feb 13, 2023

การหาน้ำหนักของแตงโมโดยใช้การประมาณพื้นที่วงรีด้วยการประมวลผลภาพ

DETERMINATION OF WATERMELON WEIGHTING USING ELLIPSE AREA APPROXIMATION BY IMAGE PROCESSING

วรวุฒิ กังหัน[1] อิศกฤตา โลหพรหม[2]* ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์[3] พศิน มัชฌิมา[4] บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์[5]
สุนทร วีระเดชลิกุล[6] พงศกร อุ่นสุพรรณ์[7]
[1,4]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[5]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตยานยนต์คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[6,7]สาขาวิชาเทคนิคการผลิต วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
Worawut Kunghun[1] Itsagritta Lohaphrom[2] Chonlathit Pitipoomsuksan[3] Pasin Mutchima[4]
Bundit Inseemeesak[5] Soontorn Weeradeachlikul[6] Phongsakorn Unsuphan[7]
[1,4]Department of Production and Industrial Engineering, Faculty of Technical Education,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education,
Rajamangala University of Technology Krungthep
[3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Education,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[5]Department of Automotive Manufacturing Engineering, Faculty Engineering and Technology,
Panyapiwat Institute of Management
[6,7]Production Technology, Pathumthani Technical college
E-mail: worawut.k@fte.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาออกแบบเพื่อสร้างระบบการชั่งน้ำหนักและการวัดขนาดของแตงโมด้วยการประมวลภาพดิจิตอล มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบระบบการชั่งน้ำหนักและตรวจสอบคุณภาพทางด้านขนาดของแตงโมซึ่งเป็นทรงรีเพื่อนำลักษณะของการตรวจสอบคุณภาพของ 2 องค์ประกอบ เพื่อใช้ในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยในบางกรณีของคุณภาพแตงโมจะมีคุณภาพของเนื้อแตงโมที่ไม่สมบูรณ์ โดยมนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบความไม่สมบูรณ์ของเนื้อแตงโมด้วยตาได้ ซึ่งเครื่องมือที่พัฒนานี้ถูกออกแบบขึ้นโดยพิจารณาปัจจัยหลักในการคัดแยกเกรด ได้แก่ ขนาด และน้ำหนักของแตงโมด้วยการประมวลผลภาพอย่างเดียวโดยไม่ใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก ในส่วนของขั้นตอนของการประมวลผลภาพที่มีการรับภาพสีจากกล้องเว็บแคม ในการบันทึกเปลี่ยนภาพเป็นภาพขาวดำ ทำการนับพื้นที่พิกเซลสีดำซึ่งเป็นสิ่งบ่งบอกขนาดของแตงโมบนภาพ 2 มิติที่มีขนาด 720 x 1,720 พิกเซล การทดสอบความถูกต้องของระบบจะทำการทดลองโดยการนำผลแตงโมจำนวน 30 ผล นำมาผ่านกระบวนการประมาณน้ำหนักด้วยการประมวลผลภาพ โดยน้ำหนักที่ประมาณได้จากการประมวลผลทางภาพจะถูกเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าความแม่นยำดังกล่าว ซึ่งวิธีการของงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นนี้มีข้อดี คือ สามารถประมาณน้ำหนักของแตงโมพร้อมกับการบอกคุณภาพด้านความหนาแน่นของเนื้อแตงโมว่าอยู่ในค่ามาตรฐานของการซื้อขายหรือไม่

คำสำคัญ: เทคนิคการประมวลภาพ, มาตรฐานเกรดแตงโม

Abstract

The development of a new design for a weighing and measuring system for watermelons using digital image processing aims to create a system that can weigh and inspect the size of watermelons, which are elliptical in shape, to provide information about both size and quality for consumers' purchasing decisions. One of the challenges in watermelon grading is the difficulty in detecting imperfections in the flesh, which cannot be seen with the naked eye. To address this challenge, the proposed system was designed to take into account the primary factors for grading watermelons, including size and weight, using only image processing and without the need for a traditional weighing machine. During the image processing stage, a color image is obtained from a webcam and converted to a black and white image. The black pixel area, which represents the size of the watermelon, is counted in a 720 x 1720 pixel 2D-image. To evaluate the accuracy of the system, 30 watermelons were weighed and their estimated weight was compared with the actual weight obtained through image processing. The results of this research will provide insights into the accuracy of the proposed method in estimating watermelon weight and determining the quality of the flesh density, which will be compared with the standard for trading.

Keywords: image processing, watermelon grade standard

บทนำ

อุตสาหกรรมผลไม้จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพของประเทศไทย สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศโดยผลไม้ในประเทศไทยมีหลากหลายชนิดตามท้องถิ่นแต่ละภูมิประเทศ ส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศตามฤดูกาล จากการส่งออกผลไม้ไทยในปี 2564 มีการส่งออกปริมาณ 3,113,971 ตัน [1] โดยผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทย เช่น แตงโม ทุเรียน มะม่วง ลำไย และส้มโอ เป็นต้น ทำให้เกษตรกรไทยต้องทำการคัดแยกผลไม้ และขนส่งเป็นจำนวนมมาก ปัจจุบันยังใช้แรงงานคนในการคัดแยกขนาดผลไม้ ซึ่งปัจจุบันค่าแรงงานต่อวันอยู่ที่ 300-400 บาทต่อวัน [2] เป็นปัจจัยที่เกษตรกรไทยไม่สามารถควบคุมได้ ในการคัดแยกขนาดของแตงโมต้องอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญในการคัดแยกเป็นหลัก ทำให้มีโอกาสผิดพลาดในการคัดแยกขนาดสูง มีหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผิดพลาด ได้แก่ ประสบการณ์ของผู้ทำการคัดแยกขนาด มาตรฐานการประมาณของผู้ทำการคัดแยกขนาด และความล้าเนื่องจากการทำงานเป็นเวลานาน เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกร จึงได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการคัดแยกขนาดก่อนส่งถึงผู้บริโภค เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ได้มีการสร้างและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดชนิดต่างๆ ในการช่วยเกษตรกรไทย ได้แก่ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ และคณะ [3] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของเพลาขับชุดคัดขนาด 25 รอบต่อนาทีและช่องป้อนขนาดกลาง 15×10 ตารางเซนติเมตร มีความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย 92.1% และไม่มีเมล็ดบัวหลวงเกิดความเสียหาย บัณฑิต จริโมภาส และคณะ [4] พบว่า เครื่องคัดขนาดผลมังคุดมีประสิทธิภาพสูง อัตราการเจือปนต่ำ สมรรถนะปานกลาง และผลมังคุดตรวจไม่พบความเสียหาย วีระยุทธ สุริคำ และคณะ [5] ได้พัฒนาวิธีการจำแนกความสุกของกล้วยฉาบด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งให้ผลลัพธ์ความถูกต้องในการตรวจจับสี 86.27% ค่าความครบถ้วน (Recall) 83.06% และค่าความแม่นยำ (Precision) 84.06% และทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกสีกล้วยฉาบโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ พีรพล คำพันธ์ และคณะ [6] พบว่า การประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพสำหรับการคัดแยกมะม่วงให้ผลลัพธ์ความถูกต้องแม่นยำ 88% มีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าการแยกประเภทด้วยอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ซึ่งให้ผลลัพธ์ความถูกต้องแม่นยำ 83%

ผู้วิจัยจึงพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดแตงโม โดยใช้พื้นฐานจากการประมวลภาพเพื่อหาขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแตงโมซึ่งได้จากการประมาณจากการประมวลผลภาพโดยเก็บข้อมูลในเชิงสถิติเพื่อหาค่าความหนาแน่นของแตงโม หลังจากนั้นนำมาแปลงเป็นน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เพื่อให้สามารถคัดแยกขนาดแตงโมให้ได้ตามเกรดมาตรฐานในการซื้อขายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือลดการใช้เซ็นเซอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการ

วัดน้ำหนักในการสร้างเครื่องจักรและสามารถลดแรงงานคนในการคัดขนาดและลดการสูญเสียมูลค่าของแตงโมพร้อมทั้งยังสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

การคัดแยกขนาดของแตงโมโดยใช้พื้นฐานจากการประมวลภาพโดยการประมวลผลภาพนี้จะได้ข้อมูลจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแตงโมและน้ำหนักของแตงโมโดยอาศัยการประมวลภาพของแตงโมเพื่อให้สามารถคัดแยกขนาดแตงโมให้ได้ตามเกรดมาตรฐาน

1. แตงโม (Watermelon) ดังแสดงในภาพที่ 1 มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Citrullus lanatus เป็นผลไม้ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก แตงโมเป็นที่นิยมปลูกโดยทั่วไปในประเทศไทย ผลแตงโมตามมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ มี 3 ชั้นคุณภาพดังต่อไปนี้ ชั้นพิเศษ (Extra Class) ผลแตงโมในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุด มีขั้วผลติดอยู่โดยมีความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 11 °*Brix* ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรงและสี และตำหนิที่ผิว ในกรณีที่มีความผิดปกติหรือตำหนิต้องมองเห็นได้ไม่ชัดเจน และไม่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอกของผลแตงโม, ชั้นหนึ่ง (class I) ผลแตงโมในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดี อาจมีความผิดปกติหรือตำหนิได้เล็กน้อย ความผิดปกติเล็กน้อยด้านรูปทรงและสี ตำหนิเล็กน้อยที่ผิว ซึ่งเกิดจากรอยขีดข่วน รอยแผลเป็นตื้น ๆ และร่องรอยการทำลายของศัตรูพืช โดยขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้อง ไม่เกิน 10% ของพื้นที่ผิวของผลแตงโม และชั้นสอง (class II) ความผิดปกติด้านรูปทรงและสี รอยตำหนิที่ผิวซึ่งเกิดจากรอยขีดข่วน รอยแผลเป็นตื้น ๆ และร่องรอยการทำลายของศัตรูพืช โดยขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้องไม่เกิน 15% ของพื้นที่ผิวของผลแตงโม มีรอยช้ำที่ผิวเปลือกได้เล็กน้อย โดยกำหนดขนาดผลแตงโม พิจารณาจากน้ำหนักต่อผล ดังแสดงในตารางที่ 1

ภาพที่ 1 แตงโม [7]

ตารางที่ 1 ขนาดของผลแตงโม

รหัสขนาด	น้ำหนักต่อผล (กิโลกรัม)
1	> 7.0
2	> 6.0 ถึง 7.0
3	> 5.0 ถึง 6.0
4	> 4.0 ถึง 5.0
5	> 3.0 ถึง 4.0

6	> 2.0 ถึง 3.0
7	≤ 2.0

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [8]

การแบ่งชั้นคุณภาพและขนาดในมาตรฐานนี้ ใช้ในการพิจารณาทางการค้าโดยนำข้อกำหนดการแบ่งชั้นคุณภาพไปใช้ร่วมกับข้อกำหนดเรื่องขนาด เพื่อกำหนดเป็นชั้นทางการค้า ซึ่งคู่ค้าอาจมีการเรียกชื่อชั้นทางการค้าที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการของคู่ค้าหรือตามข้อจำกัดที่มีเนื่องมาจากฤดูกาล

2. การคัดแยกโดยใช้น้ำหนักสำหรับการพิจารณาความหนาแน่นของเนื้อแตงโม

งานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดเกณฑ์ตรวจสอบน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นการพิจารณาในการตัดสินใจในการคัดแยกเกรดแตงโม ดังแสดงในภาพที่ 2 อ้างอิงจากตลาดไทย จังหวัดปทุมธานี โดยมีการซื้อขายกันทั้งหมด 3 เกรด ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยทางด้านคุณภาพของแตงโม การพิจารณาการคัดแยกเกรดแตงโมใช้เพียงน้ำหนักเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งในทางด้านรูปลักษณ์ของแตงโม ความโตเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาในการซื้อขายเช่นกัน ปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีใดมาทำการตรวจวัดเพื่อนำมาประกอบเป็นการพิจารณาด้านคุณภาพ เพื่อซื้อขายในท้องตลาด สำหรับงานวิจัยนี้จะนำน้ำหนักของแตงโมมาพิจารณาในแง่มุมของความสอดคล้องกับขนาดความโตของแตงโม

ภาพที่ 2 แตงโมจากตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ตารางที่ 2 เกรดซื้อขายแตงโม

เกรด	**น้ำหนัก**
เกรดที่ A	มากกว่า 3 กิโลกรัม
เกรดที่ B	อยู่ในช่วง 2-3 กิโลกรัม
เกรดที่ C	ต่ำกว่า 2 กิโลกรัม

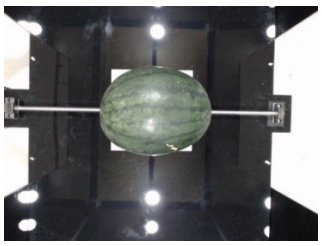
ที่มา : ตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

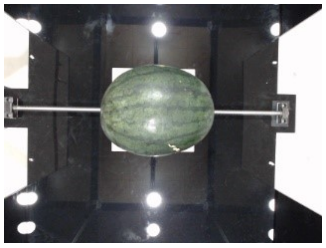
เกณฑ์การคัดแยกเกรดแตงโมมี 2 เกณฑ์ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแตงโม และน้ำหนักของแตงโม โดยน้ำหนักเป็นตัวแปรสำคัญในการบ่งบอกถึงความหนาแน่นของเนื้อแตงโม เนื่องจากแตงโมบางลูก เมื่อเราสังเกตด้วยสายตาหรือจากการวัดปริมาณจุดพิกเซลในภาพไบนารี่ (Binary Image) ปริมาณจุดพิกเซลสีดำมีขนาดใหญ่ แต่ในความเป็นจริงอาจมี

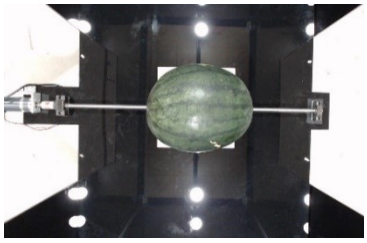
ปริมาณน้ำหนักน้อย ซึ่งหมายความว่า มีปริมาณเนื้อแตงโมน้อยและแตงโมบางลูกอาจมีขนาดเล็กเมื่อสังเกตด้วยสายตา หรือวัดปริมาณจุดพิกเซลสีดำ แต่ในทางความเป็นจริงอาจมีปริมาณน้ำหนักมาก ซึ่งหมายความว่า มีปริมาณเนื้อแตงโมมาก ดังนั้นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแตงโมซึ่งแสดงโดยจำนวนพิกเซลสีดำ (Black Color Pixels) กับน้ำหนักของแตงโมนั้นมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ และทำการคัดแยกเกรดแตงโมได้

3. การรับภาพ และการคัดแยกโดยการประมวลผลทางภาพ

ในการออกแบบการประมวลผลภาพใช้ MATLAB R2022b สามารถใช้เพื่องานวิจัยได้อย่างถูกลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ขั้นตอนที่ 1 ระบบจับขนาดภาพ (Image Capture) โดยใช้กล้องเว็บแคม Logitech รุ่น C920 เป็นตัวเก็บข้อมูลภาพ ความละเอียด 720p มีขนาด 1,280 x 720 พิกเซล ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยภาพที่ได้เป็นชนิดอาร์จีบี (RGB color model) คือโมเดลแสดงผลด้วยแสง จำนวน 3 สี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) นำมาทำการครอบให้เหลือขนาด 878 x 547 พิกเซล บนพื้นที่ภาพที่ต้องทำการวิเคราะห์ และทำการควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในช่วงระหว่าง 700-800 LUX ที่มีระบบส่องสว่าง LED หลังจากนั้นนำภาพที่ได้มาทำการปรับปรุงภาพ (Pre-image processing) เพื่อให้เกิดความคมชัดที่บริเวณขอบโดยใช้หลักการ Unsharp Mark ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการรับภาพเข้ามา เพื่อรอการประมวลผลในขั้นตอนที่ 2


ก) 320 x 240 พิกเซล


ข) 640 x 320 พิกเซล


ค) 1,240 x 720 พิกเซล

ภาพที่ 3 ภาพถ่ายแตงโมจากกล้องเว็บแคม

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงชนิดของภาพ โดยจากขั้นตอนที่ 1 นำภาพที่ทำการนำเข้ามาประมวลผลจะเป็นชนิด RGB-Image ให้เปลี่ยนเป็นชนิดภาพที่มีระดับสีเทา (Grayscale Image) จะอยู่ในรูปแบบของความเข้มข้นในแต่ละจุดภาพบน image plane ที่ระดับความเข้มสีเทา โดยมีค่าสีระหว่าง 0-255 (8- bit) โดยใช้สมการในการแปลงภาพ [9] ดังสมการที่ 1

$$Gray = 0.299(R) + 0.587(G) + 0.114(B) \quad (1)$$

เมื่อ R คือ ค่าอินพุตจุดภาพสีแดง
G คือ ค่าอินพุตจุดภาพสีเขียว
B คือ ค่าอินพุตจุดภาพสีน้ำเงิน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเทรสโฮลด์ (threshold) เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพชนิดภาพไบนารี่ (Binary Image) มีความเข้ม 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 หมายถึง พิกเซลนั้นจะแสดงสีดำ และ 1 หมายถึง พิกเซลนั้นจะแสดงสีขาว เพื่อหาค่าของเทรสโฮลด์จากภาพและใช้สมการเทรสโฮลด์ [10] ดังสมาการที่ 2 การแปลงภาพในกระบวนการประมวลผลภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4

$$\begin{aligned} g(x,y) &= 0; \quad f(x,y) < T \\ g(x,y) &= 255; \quad f(x,y) \geq T \end{aligned} \quad (2)$$

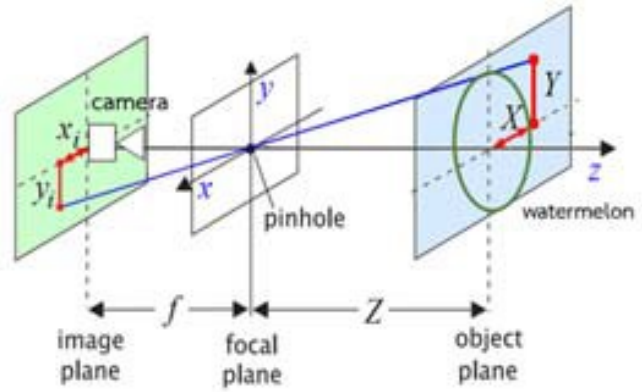
เมื่อ $g(x,y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้นที่ถูกแปลก (มีค่า 0 กับ 1)
$f(x,y)$ คือ ค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้น
T คือ ค่าเทรสโฮลด์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ก) ภาพสี RGB ข) ภาพสีเทา ค) ภาพขาวดำ

ภาพที่ 4 การแปลงภาพในกระบวนการประมวลผลภาพ

4. Camera models of detection watermelon

โมเดลสำรับการแปลงความสัมพันธ์จากระนาบพิกัดใน 3 มิติ (3D coordinate plane) ไปยังระนาบพิกัดใน 2 มิติ (2D coordinate plane) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จาก image plane โดยใช้ pinhole model หลักการของ E. Trucco and A. Verri [11] มาทำการประมวลผลภาพ ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยเป็นการฉายภาพ 2 มิติ (2D image) ของพื้นที่ของแตงโมเพื่อมาทำการคำนวณหาพื้นที่พิกเซลที่แสดงเป็นขนาดของแตงโม เพื่อทำการระบุขนาดความโตของแตงโม



ภาพที่ 5 โมเดลกล้องสำหรับตรวจจับพื้นที่พิกเซล [15]

งานวิจัยนี้ได้ใช้การประมาณเป็นลักษณะของพื้นที่พิกเซล จากภาพที่ 5 ค่าความยาวโฟกัส (focal length) ของกล้อง โดยการประมาณความยาวของขนาดแตงโม (x_i) ทิศทางตามแกน x และความกว้างของขนาดแตงโม (y_i) ทิศทางตามแกน y มีหน่วยเป็นพิกเซลบน image plane ซึ่งระยะทางจริงจากกล้องถึงแตงโม ได้จากการวางตำแหน่งของแตงโมในการฉายภาพในแนวตั้งฉากกับหน้าเซ็นเซอร์รับแสง (Charge Coupled Device : CCD) ของกล้อง โดยที่ระยะทางจริงจากกล้องถึงแตงโมไม่มีผลกับการประมาณขนาดพื้นที่พิกเซล เนื่องจากการทดลองจะวางแตกโมที่ตำแหน่งพื้นราบเดียวกันที่ระยะ 430 มิลลิเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนที่วางแตงโมมีค่าน้อยมาก เพราะว่า ขนาดเกรดของแตงโมทั้ง 3 เกรด มีความแตกต่างกัน ซึ่งการประมาณพื้นที่พิกเซลที่แทนเป็นขนาดของแตงโมทั้ง 3 เกรด สามารถประมาณจากความสัมพันธ์ดังกล่าว และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4

$$x_i = f\left(\frac{X}{Z}\right) \tag{3}$$

$$y_i = f\left(\frac{Y}{Z}\right) \tag{4}$$

เมื่อ X คือ ค่าความยาวของขนาดแตงโมตามแกน x บนระนาบพิกัดใน 3 มิติ

Y คือ ค่าความกว้างของขนาดแตงโมตามแกน y บนระนาบพิกัดใน 3 มิติ

Z คือ ค่าระยะทางจริงจากหน้าเลนส์กล้องถึงแตงโม

f คือ ค่าความยาวโฟกัส (focal length)

5. สถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์

ค่ามาตรฐาน (Standard Normal Score) เป็นค่าที่สามารถเอาไว้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชุดเพราะว่า ถ้าเรานำข้อมูลสองชุดมาเปรียบเทียบกันจะมีปัญหาว่า ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน และส่วนเบี่ยงเบนไม่เท่ากันทำให้ไม่รู้ว่าข้อมูลชุดได้ดีกว่ากัน แต่ถ้าเราเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปค่ามาตรฐาน เราจะบอกได้ทันที เพราะว่า ค่ามาตรฐานจะเป็นการเปลี่ยนค่าของข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด สามารถคำนวณหาค่ามาตรฐาน (Z-Score) ได้ดังสมการที่ 5

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S.D.} \tag{5}$$

เมื่อ X คือ ค่าของข้อมูล

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูล

$S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean : $\bar{X}$) สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 6

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \tag{6}$$

เมื่อ $\sum x$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : $S.D.$) สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 7

$$S.D. = \sqrt{\frac{\left(X - \bar{X}\right)^2}{\left(n-1\right)}} \tag{7}$$

เมื่อ X คือ ค่าของข้อมูล

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูล

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) หรือ Percent Error (%Error) เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการคัดแยกเกรดของแตงโม โดยการประมวลผลทางภาพที่เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการคัดแยกแตงโมตามท้องตลาด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 8

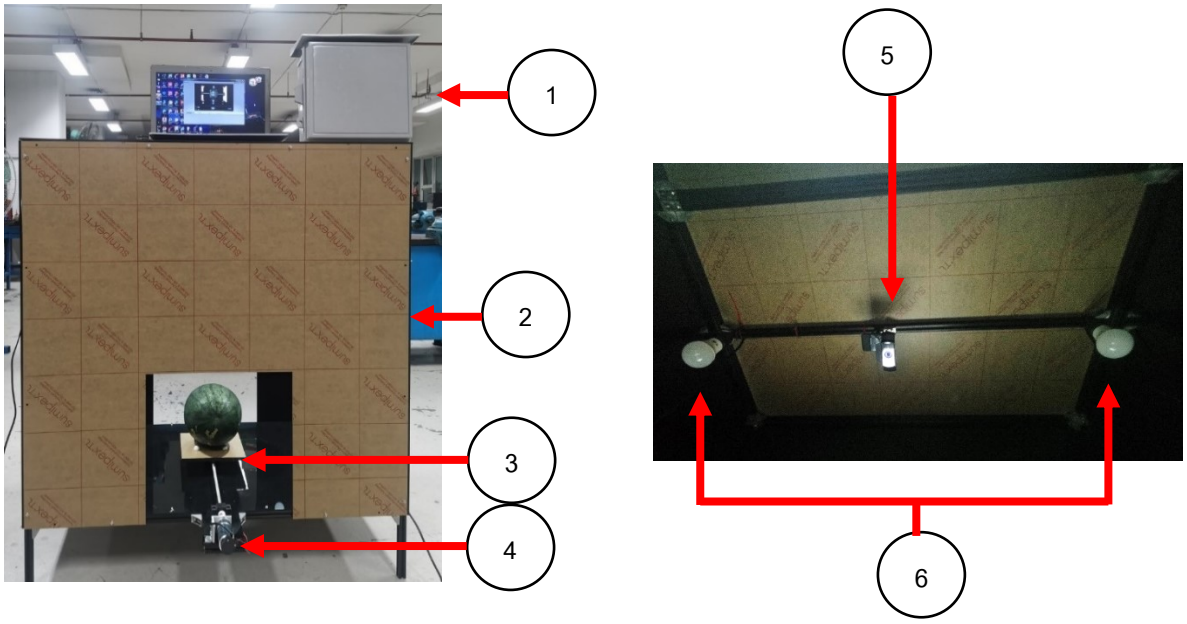
$$\%Relative\ Error = \left| \frac{X_{Measured} - X_{Actual}}{X_{Actual}} \right| \times 100 \tag{8}$$

เมื่อ $X_{Measured}$ คือ ค่าที่วัดได้จากการทดลอง

X_{Actual} คือ ค่าจริง

ขั้นตอนการทดลอง

1. โครงสร้างเครื่องคัดแยกน้ำหนักแตงโมด้วยการประมวลภาพ



ภาพที่ 6 ส่วนประกอบโครงสร้างเครื่องคัดแยกน้ำหนักแตงโม

จากภาพที่ 6 ส่วนประกอบโครงสร้างเครื่องคัดแยกน้ำหนักแตงโม มีดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 กล่องควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมระบบเครื่องคัดแยกน้ำหนักแตงโม

หมายเลข 2 โครงเครื่อง ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องคัดแยกน้ำหนักแตงโม มีขนาดความกว้าง 1,040 มิลลิเมตร ความยาว 650 มิลลิเมตร และความสูง 1,020 มิลลิเมตร

หมายเลข 3 ฐานรอง มีหน้าที่สำหรับวางแตงโม มีขนาดความกว้าง 200 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร และความหนา 200 มิลลิเมตร

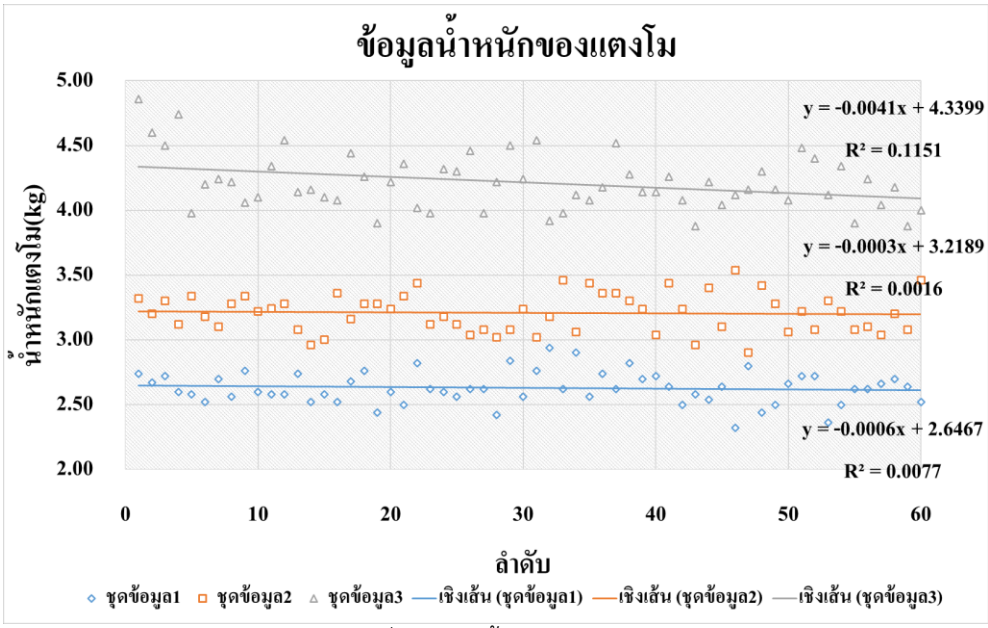
หมายเลข 4 มอเตอร์ ทำหน้าที่ส่งกำลังให้ฐานรองเคลื่อนที่ไปยังจุดรับภาพ

หมายเลข 5 กล้องเว็บแคม (Logitech C920) ทำหน้าที่รับภาพชนิดอาร์จีบี เพื่อใช้ในการประมวลภาพ

หมายเลข 6 ไฟ LED ทำหน้าที่ส่องสว่างให้แตงโม

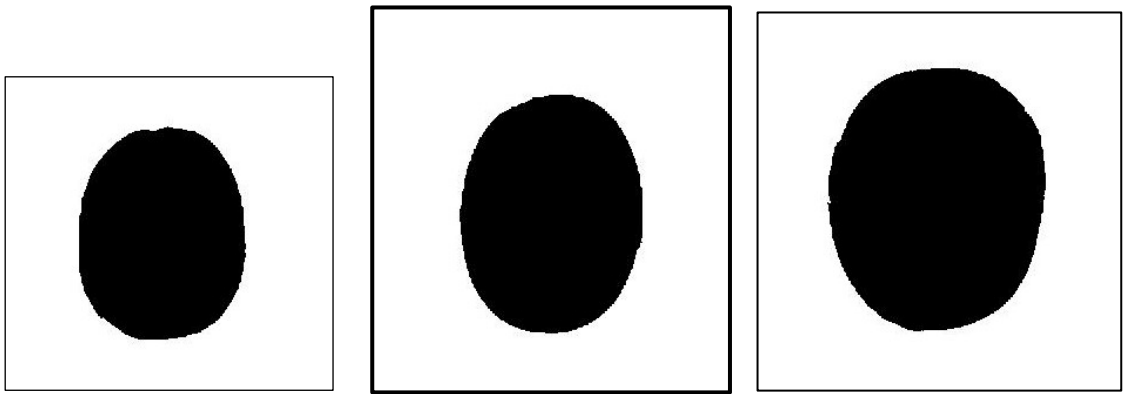
การทดลองและวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองการหาน้ำหนักของแตงโมโดยใช้การประมาณพื้นที่วงรีด้วยการประมวลผลภาพงานวิจัยนี้ได้แบ่งขนาดแตงโมทั้งหมดออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (มีน้ำหนักน้อยกว่า 3 กิโลกรัม) ขนาดกลาง (มีน้ำหนักอยู่ในช่วงระหว่าง 3-4 กิโลกรัม) และขนาดใหญ่ (มีน้ำหนักมากกว่า 4 กิโลกรัม) จำนวนผลแตงโมที่นำมาทำแตงโมเพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่ของวงรีนั้นคือผลของแตงโมและน้ำหนักของแตงโมโดยจำนวน 135 ผล และภาพที่ใช้สำหรับนำมาทดสอบระบบการประมวลผลภาพจำนวน 42 ผลโดยข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ข้อมูลน้ำหนักของแตงโม

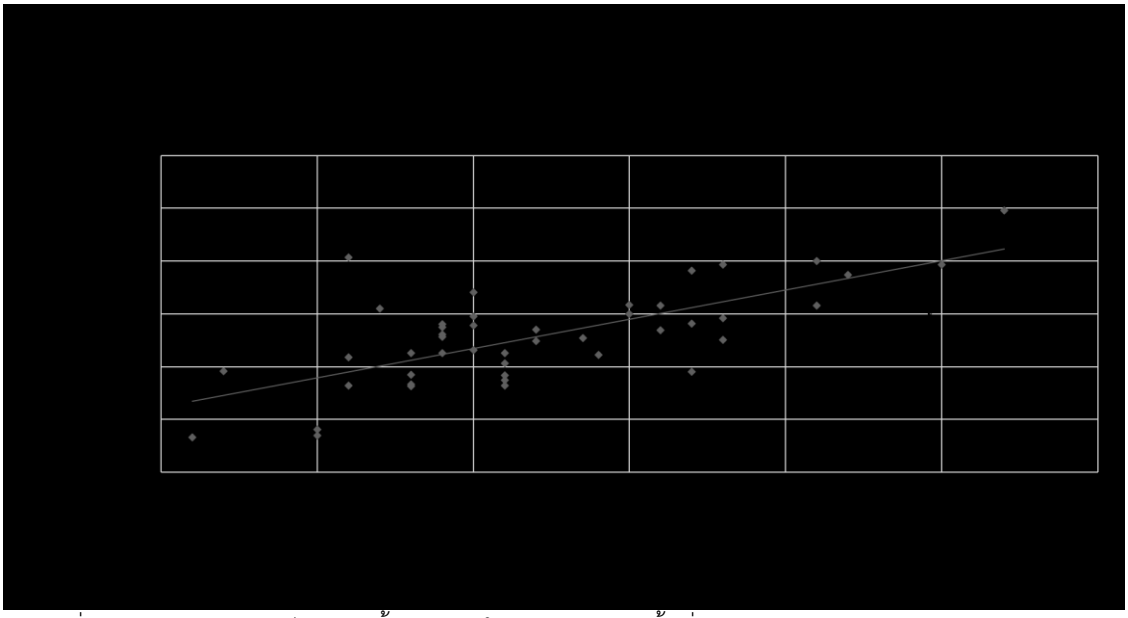
ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง คือ ภาพแตงโมที่ได้จากระบบการถ่ายภาพที่มีการกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับแตงโมคงที่ และมีการควบคุมสภาวะแสงให้คงที่โดยใช้หลอด LED และตัวอย่างภาพแตงโม 42 ภาพ ทำการประมวลภาพแตงโมทั้ง 3 ขนาด โดยนำภาพแตงโมชนิด RGB-Image มาทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ Unsharp Mark หลังจากนั้นให้เปลี่ยนเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale Image) และทำการเทรสโฮลด์ (threshold) เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพไบนารี่ (Binary Image) ภาพแตงโมที่ผ่านกระบวนการประมวลผลทางภาพ ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยใช้วิธีการคำนวณคำนวณพื้นที่พิกเซลสีดำของภาพแตงโม เพื่อนำพารามิเตอร์น้ำหนัก และพื้นที่วงรีสีดำบนเฟรมภาพมาสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว



ก) Small ข) Medium ค) Big

ภาพที่ 8 ภาพแตงโมที่ผ่านกระบวนการประมวลผลทางภาพ

จากผลการทดลองหาพื้นที่พิกเซลของภาพแตงโมทั้ง 3 ขนาด พบว่า จำนวนพื้นที่พิกเซลของภาพแตงโมมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแต่ละค่าน้ำหนักของผลแตงโมทั้ง 3 ขนาด เมื่อทำการสร้างเส้นแนวโน้ม (Trend line) พบว่า ข้อมูลจำนวนพื้นที่พิกเซลสีดำ (Black Colour Pixels) ของภาพแตงโมมีลักษณะแปรผันตรงกับค่าน้ำหนักของแตงโม เมื่อมีปริมาณน้ำหนักของผลแตงโมมากขึ้น โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแตงโมและขนาดของพื้นที่จำนวนพิกเซลจากการประมวลผลทางภาพ ดังแสดงในภาพที่ 9



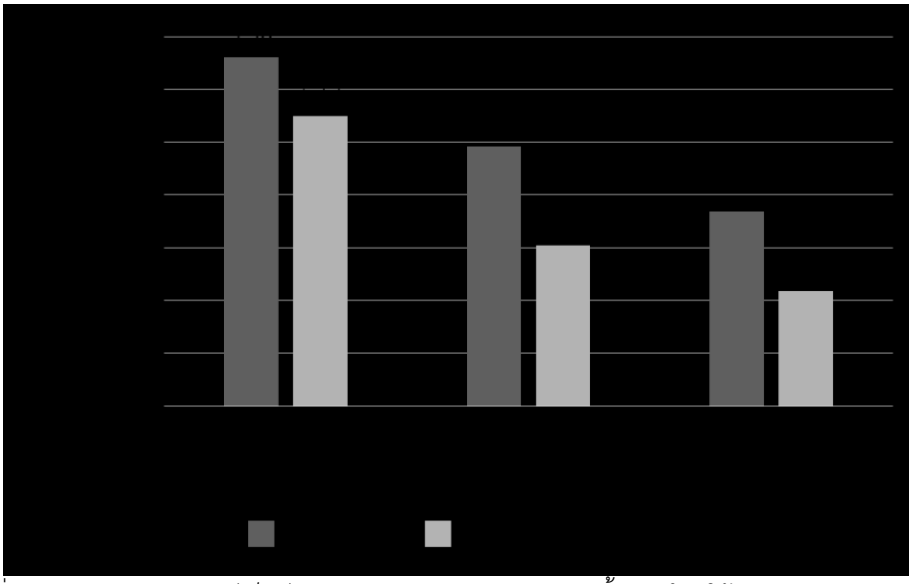
ภาพที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแตงโมและขนาดของพื้นที่จำนวนพิกเซลจากการประมวลผลทางภาพ

การคำนวณหาค่าน้ำหนักของผลแตงโมจากจำนวนพื้นที่วงรีที่มีหน่วยเป็นพิกเซลสีดำของภาพแตงโมได้จากสมาการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแตงโมและขนาดของพื้นที่วงรี ดังสมการที่ 9

$$y = 13,450x + 11,671 \quad (9)$$

เมื่อ y คือ จำนวนพื้นที่พิกเซลของภาพแตงโม

x คือ ค่าน้ำหนักของผลแตงโม (kg)



ภาพที่ **10** ผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการประมาณน้ำหนักโดยใช้การประมวลผลทางภาพ

จากการประมาณน้ำหนักของผลแตงโมทั้ง 3 ขนาด โดยใช้การประมวลผลทางภาพ ค่าความผิดพลาดของการประมาณน้ำหนักของผลแตงโมโดยการประมวลผลภาพที่เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการคัดแยกแตงโมตามท้องตลาด พบว่าภาพแตงโมขนาดเล็กมีค่าความผิดพลาด 3.30% ภาพแตงโมขนาดกลาง มีค่าความผิดพลาด 2.46% และภาพแตงโมขนาด

ใหญ่มีค่าความผิดพลาด 1.84% มีแนวโน้นค่าความผิดพลาดน้อยลง เมื่อน้ำหนักผลแตงโมมากขึ้น ผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการประมาณน้ำหนักโดยใช้การประมวลผลทางภาพ ดังแสดงในภาพที่ 10

สรุปผลการทดลอง

ค่าเริ่มต้นการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) ควรมีค่าไม่น้อยเกินไปเพื่อลดปัญหาความชัดเจน (Sharpness) ที่ขอบผิวโค้งของแตงโม (Curvature) เพื่อให้เกิดภาพที่มีความเป็นวงรี (Ellipsoidal) และไม่ควรมีค่ามากเกินไป เพื่อลดปัญหาการแปลงจุดของฝุ่นมาเป็นพิกเซล (Pixel) สีดำ ซึ่งอาจส่งผลให้เมื่อดำเนินการนับจำนวนพิกเซล (Pixel) หลังจากทำการวิเคราะห์ภาพของแตงโม พบว่าค่าเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Threshold) ที่เหมาะสมสำหรับสภาวะแสงในการทดลองในงานวิจัยนี้นั้นมีค่าจากภาพภาพระดับสีเทา (Grayscale Image) โดยใช้ภาพที่รูปแบบสีน้ำเงิน (B) ที่ค่า 120 ในระดับของภาพสีเทาในช่วง 0-255 ดังกล่าว มีค่าความผิดพลาดของการประมาณน้ำหนักของผลแตงโมโดยการประมวลผลภาพไม่เกิน 4% ทั้ง 3 ขนาด การหาน้ำหนักของแตงโมโดยใช้การประมาณพื้นที่วงรีด้วยการประมวลผลภาพเพื่อช่วยลดปัญหาการจ้างแรงงานคนในการคัดขนาด และลดการสูญเสียมูลค่าของแตงโมพร้อมทั้งยังสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคจากงานวิจัยดังกล่าวจะช่วยให้การประมาณน้ำหนักของแต่โมและยังสามารถใช้การประมวลผลภาพคัดแยกคุณภาพของแตงโมได้อีกทาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและค่าตีพิมพ์เผยแพร่ และบริษัท ทรัพย์เทวีธัญผล จำกัด ที่อยู่ 60/189 หมู่ที่ 16 ตำบลคลองสามอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 ที่สนับสนุนตัวอย่างแตงโมสำหรับการทดลองและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยดังกล่าว และขอขอบคุณด้านสถานที่สำหรับสร้างเครื่องมือทดลอง ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *สถิติการส่งออก.* สืบค้นจาก http://impexp.oae.go.th/service/index.php

กระทรวงแรงงาน. (2565). *อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ.* สืบค้นจาก https://www.mol.go.th

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และ รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ (2565). การออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 14(1), 103-116.

บัณฑิต จริโมภาส, สุทธิพร เนียมหอม และ ธีรยุทธ สุวรรณประทีป. (2554). การปรับปรุงเครื่องคัดขนาดผลมังคุด. *วารสารวิชาการเกษตร,* 19(2), 121-131.

วีระยุทธ สุริคำ, นพดล อ่ำดี และ ชัยธำรง พงษ์พัฒนศิริ. (2564). การจำแนกความสุกของกล้วยฉาบด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 3(1), 55-67.

พีรพล คำพันธ์, อรณิช ปีแหล่ และ จิรารัตน์ เอี่ยมสอาด. (2562). การประยุกต์ใช้เบย์เซียนและการประมวลผลภาพสำหรับการคัดแยกมะม่วง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 1(2 (2019)), 1-11.

เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2565). *ภาพแตงโม*. สืบค้นจาก https://www.technologychaoban.com/wp-content/uploads/2018/01/11-2.jpg

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2555). *แตงโม*. สืบค้นจาก https://www.acfs.go.th/standard/download/WATERMELON.pdf

McAndrew, A. (2004). *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab Notes for SCM2511*. Image Processing.

Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics,* 9(1), 62-66.

Trucco E., & Verri A. (1998). Introductory techniques for 3-D computer vision. *Englewood Cliffs: Prentice Hall,* 201, 10-5555.

วรวุฒิ กังหัน และ มนูศักดิ์ จานทอง. (2557). *การคัดแยกเกรดยางพาราแผ่นรมควันโดยใช้วิธีการประมวลผลด้วยภาพ.* [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

วรวุฒิ กังหัน และ อิศกฤตา โลหพรหม. (2561). การพัฒนาและทดลองคัดแยกเกรดแตงโมด้วยการประมวลภาพดิจิตอล. *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.*

วรวุฒิ กังหัน และคณะ. (2563). เครื่องคัดแยกเกรดแตงโดยใช้การตรวจวัดน้ำหนักแบบโมอัตโนมัติ. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย,* 26(2), 15-20.

Kunghun, W., & Tantrapiwat, A. (2018). Development of a Vision Based Mapping in Rubber Tree Orchard. Proceedings of The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology -ICEAST(IEEE), 2018, 206-209.

Hartley, R., & Zisserman, A. (2003). Multiple View Geometry in Computer Vision. In 2rd (Ed.), *Cambridge University,* 153-177.

Translated Thai References

Office of Agricultural Economics. (2022). *Export Statistics.* Retrieved from http://impexp.oae.go.th/service/index.php

Ministry of Labor. (2022). *Minimum Wage Rate.* Retrieved from https://www.mol.go.th

Langkapin, J., Parnsakhorn, S., & Kalsirisilp, R. (2022). Design and Fabrication of Lotus Seeds Sizing Machine. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, 14(1), 103-116.

Jarimopas, B., Niamhom, S., & Suwanapratheep, T. (2011.Improvement of Mangosteen Fruit Sizing Machine. *Thai Agricultural Research Journal*, 19(2), 121-131.

Surekhum, W., Amdee, N., & Pongpatfanasili, C. (2021). Banana chips ripeness classification with image processing techiques. *Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University Journal,* 3(1), 55-67.

Kumpun, P., Peehae, A., & Ieamsaard, J. (2021). Bayesian approach and image processing technique for mango classification. Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University Journal, 1(2 (2019)). 1-11.

Technology Chaoban. (2022). *Watermelon.* Retrieved from https://www.technologychaoban.com /wpcontent/uploads/2018 /01/11-2.jpg.

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standard, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2012). *Watermelon.* Retrieved from https://www.acfs.go.th/standard/download/WATERMELON .pdf

Kunghun, W., & Janthong, M. (2014). *Grade Classification of Ribbed Smoked Sheets Using Image Processing.* [Master's thesis]. Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani.

Kunghun, W., & Lohaphrom, I. (2018). Development and Experimental of Watermelon Grading Separation Using Image Processing. *TSAE National Conference.*

Kanghun, W., et al. (2020). The Watermelon Grading Machine with Automatic Weight Measurement. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal*, 26 (2), 15-20.